

## ВЕРИФИКАЦИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ КОНТУРА УПРАВЛЕНИЯ ПАРОВОГО КОТЛА МЫЛЬДИЖИНСКОГО ГАЗОКОНДЕНСАТНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Тутов И.А.

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30  
E-mail: ivantutov@tpu.ru

В большинстве своём контуры управления автоматизированных систем в нефтегазовой отрасли настраиваются в ручном режиме. В случаях, когда ручная настройка не дает результата или объект достаточно сложный для передачи управления непосредственно оператору, в ситуации появления биений или неустойчивости параметров процесса используют предварительную настройку на математической модели технологического процесса.

В данной работе будет проанализирован технологический процесс (ТП), построена математическая модель ТП и проанализирована реакция математической модели с данными снятыми непосредственно на реальном объекте.

Сокращенная функциональная схема автоматизации котла представлена на рисунке 1.

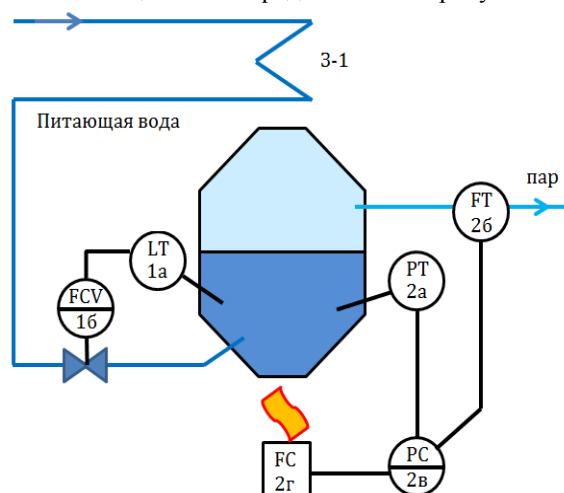


Рис. 1. Функциональная схема автоматизации котла

Вода подпитки, прошедшая подготовку на натрий-катионитовом фильтре и деаэрацию методом выпаривания, через экономайзер 3-1 подогревается от выхлопных газов и продуктов горения горелки и подается в котёл парогенератора. В котле жидкость переходит в парообразное состояние. Пар потребляется на нужды производства. Следует отметить, что не вся жидкость переходит в пар. После выпаривания воды в котле остаются соли и щелочи, которые удаляются посредством непрерывной продувки котла. Уровень разделения фаз жидкость-газ контролируется отдельным контуром (1) управления. Время переходного процесса стабилизации уровня много меньше времени протекания процессов парогенерации. Этот

контур в последующем рассматриваться не будет. Горелка имеет встроенный контроллер пламени. На контроллер пламени подается сигнал мощности пламени в процентах. Контроллер автономно регулирует подачу топливного газа, контролирует наличие и поддержание пламени. Кроме того в целях увеличения ресурса исполнительного механизма используют квантование по мощности. Экспериментальные данные с выхода контроллера горелки представлены на рисунке 2.

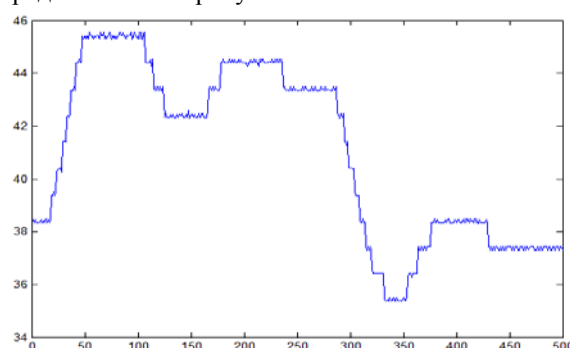


Рис. 2. Экспериментально снятые показания сигнала мощности на выходе контроллера горелки

Этот факт для получения корректных результатов моделирования является весьма важным.

Контур стабилизации давления производимого пара (2) представляет собой структуру, изображенную на рисунке 3.

Основным возмущающим воздействием для контура стабилизации давления является расход пара, потребляемого производством. В связи с этим в основной контур управления оправданно введена прямая связь (выделено синим цветом), для компенсации возмущающего воздействия. Данный подход в зарубежной литературе получил название FF/FB (Feed Forward/ Feed Back). Сигнал после регуляторов, включенных каскадом, подается на контроллер горелки. Тепло с пламени горелки, главным образом, расходуется на преобразование воды в пар, подогрев питающей воды, уносится с уходящими газами и продуктами горения, и так же уносится солевыми растворами и щелочами. Функцией MATLAB представлена зависимость коэффициента удельной теплоты парообразования от давления. Обычно для настройки ПИД-регуляторов в математической модели данный параметр берётся как константа. Тепловые потери в рамках данной работы считаются постоянными. Величина  $K$  (Gain1),

является обратно пропорциональной к удельной теплоёмкости воды. Затем, функция  $F_{cn}$  реализует собой P-V диаграмму [1], представленную на рисунке 4.

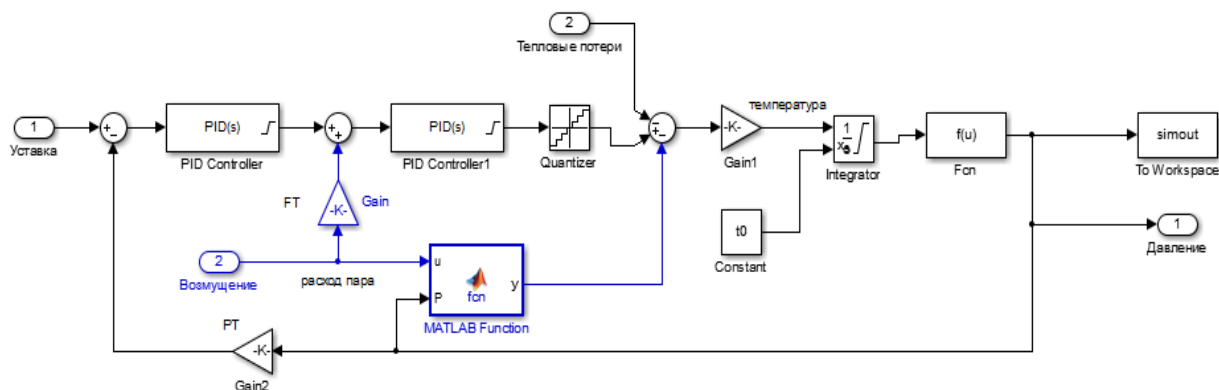


Рис. 3. Структурная схема контура стабилизации давления парогенерирующего котла

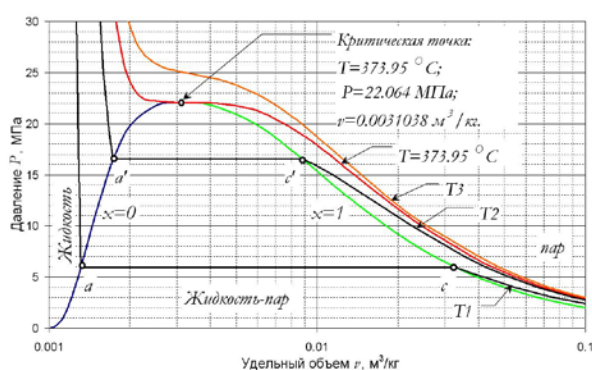


Рис. 4. Диаграмма кипения воды

И уже величина давления по обратной связи основного контура управления поступает на датчик давления и с него на сумматор регулятора.

Таким образом, была построена математическая модель парогенерирующего котла. Задача верификации сводится к сопоставлению данных, полученных во время выполнения пуско-наладочных работ на месторождении и результатов моделируемых величин под действием одинаковых возмущающих воздействий. Величины возмущений во время работ были зафиксированы в базе данных автоматизированной системы DeltaV, используемой на предприятии. Результат моделирования и экспериментальные данные представлены на рисунке 5.

Как видно из рисунка тренды имеют некоторые различия. В частности давление модели убывает в сравнении с экспериментальными данными. Вероятнее всего дело в том, что величина тепловых потерь в действительности несколько меньше, чем было задано при моделировании. В целом динамика работы системы выглядит весьма правдоподобно. Если принять во внимание тот факт, что система является довольно сложной, имеет каскадное регулирование в сочетании с прямым управлением по возмущающему воздействию, то модель можно считать пригодной для отработки других методов управления.

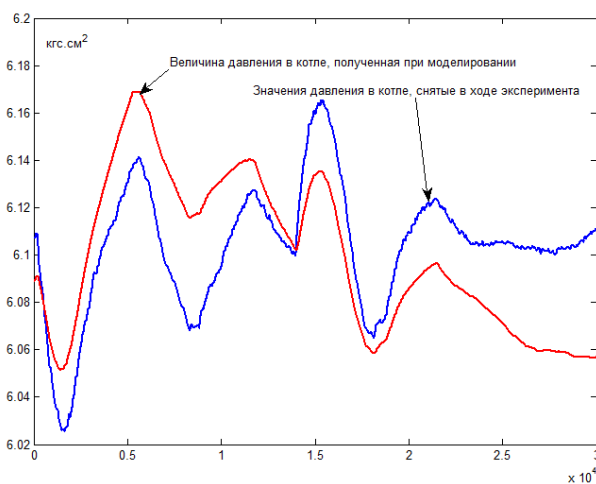


Рис. 5. Тренды значений величины давления в котле.

Данную модель планируется использовать для наладки работы алгоритма адаптивного регулятора, предложенного в [2,3] с последующим внедрением на производстве.

### Литература

1. Кипение. Википедия. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%B8%D0%BF%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5> – свободный;
2. Тутов И.А. Система автоматического регулирования давления внутрипромышленной газораспределительной сети. // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. Москва. – 2013. - №11. – Ч.1 – С.118 – 121.;
3. Михайлов В.В., Тутов И.А. Метод регулирования давления в газопроводной сети. // Вестник науки Сибири : электрон. науч. журн. – 2012. - №4. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://sjs.tpu.ru/journal/article/view/438> - свободный.